

Impactos de vertebrados exóticos invasores en áreas continentales

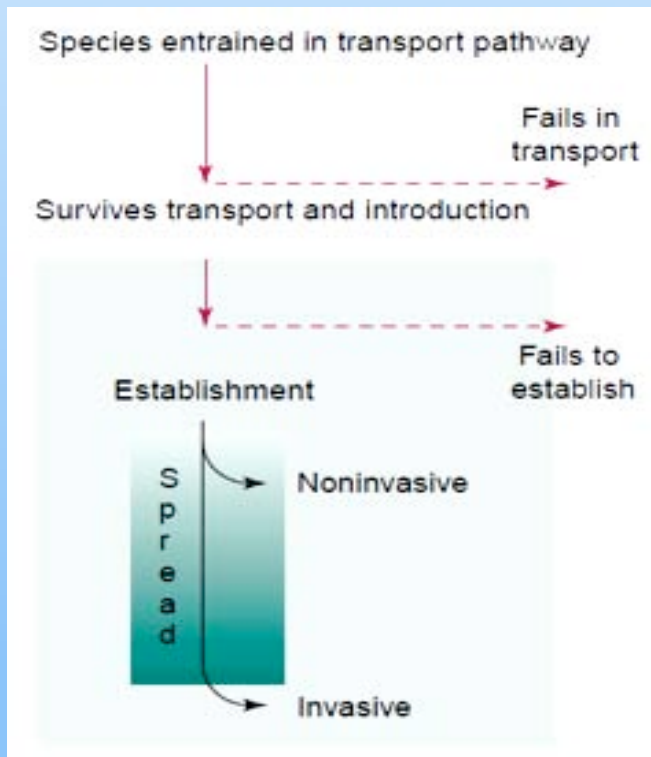
Parte 2. El proceso de invasión y sus implicaciones en el impacto de los vertebrados en áreas continentales

Generalidades

- El ritmo de invasión de especies exóticas se ha incrementado enormemente, ya sea por transporte/liberación accidental (ratas, geckos, serpiente ciega minadora) o intencional (tortuga oreja-roja, rana toro, estornino, gorrión casero, animales domésticos y de compañía).
- La introducción de especies exóticas de mamíferos y aves de valor cinegético es común. Ejemplos incluyen el zorro rojo y varias especies de ungulados africanos y asiáticos presentes en México. Algunas especies de anfibios también han sido introducidas de forma extensiva con fines de aprovechamiento. Por ejemplo, la rana toro, asociada a programas de acuicultura.
- La historia de introducción/dispersión de algunas especies no es clara. Algunos casos (garza ganadera, sapo marino?) apuntan a procesos de expansión “natural” facilitados por la alteración de los ecosistemas por actividades agropecuarias.
- Normalmente las especies introducidas no logran establecerse, pero es difícil predecir si estas prosperarán en el nuevo ambiente o si sus poblaciones crecerán hasta alcanzar niveles problemáticos.

El proceso de invasión

- El proceso de invasión consiste en una serie de transiciones. Los pasos y secuencia varían con el tipo de invasión y taxón. En general, una porción progresivamente más pequeña transita de un estado a otro debido a la suma de los fracasos en cada transición.



- **Transporte:** Inicia en el sitio de origen y consiste en el proceso a través del cual el animal llega o es introducido fuera de su área de distribución original (mediado por el hombre incidental/intencionalmente, corrientes, fenómenos meteorológicos o expansión natural). La mayoría de los individuos mueren en el tránsito o no llegan a un área propicia establecerse. *Entre mayor sea la frecuencia y el tamaño de población inicial, mayor será la probabilidad de que transiten del transporte al establecimiento y las siguientes etapas.*
- **Interacción inicial con el ecosistema receptor:** En la mayoría de los casos incluye especies nativas y exóticas establecidas o en proceso de invasión. Diversos factores ambientales y ecológicos determinan si la especie podrá establecerse en el nuevo sitio. Si la interacción es exitosa, la especie transita al establecimiento.
- **Establecimiento:**, Proceso durante el cual las interacciones con las especies presentes en el área y las características biológicas de la especie determinan que tanto se podrá extender en el nuevo ambiente. La mayoría permanecerán restringidas cercanas al sitio de introducción, mientras que otras extenderán de forma significativa su área de distribución (invasoras).
- **Expansión:** La distinción entre esta fase y la anterior es difusa, debido a que esta fase está definida por el tiempo que transcurre desde que la especie se ha establecido (que en la mayoría de las veces es desconocido).

Variables biológicas y ambientales asociadas al proceso de invasión

- Hasta el momento no se ha podido determinar con certeza cuáles son las características que posee una especie invasora exitosa. Sin embargo, se ha propuesto que los caracteres morfológicos, fisiológicos y ecológicos pueden jugar un papel importante en la capacidad de invasión y en la magnitud del impacto que las especies exóticas invasoras pueden tener en los ecosistemas.



Estrategias de vida

- **Especies tipo “r”** de ciclo reproductivo corto, mayor número de crías, madurez sexual temprana, tiempo generacional corto y normalmente poblaciones más grandes y con mayor variabilidad genética. Estas características le permiten soportar mayores niveles de mortalidad, normalmente pueden recuperarse con más facilidad de colapsos poblacionales y adaptarse múltiples hábitats y cambios ambientales.
- Conejos, ratas y ratón casero son claros ejemplos de especies con estrategia de vida “r”. Para el caso de las aves, especies que tienen un mayor número de nidadas por temporada tienden a establecerse con mayor facilidad y a convertirse en especies invasoras.



Especialización

- Las especies generalistas presentan una amplia gama de fuentes alimenticias, así como una mayor capacidad para ocupar condiciones ambientales variables (topográficas, climáticas, tipos de vegetación, etc.). Los especialistas ecológicos generalmente explotan recursos que se encuentran distribuidos en parches, y por lo tanto tienden a ser más escasos y vulnerables a cambios ambientales. El desplazamiento del venado cola blanca por ungulados asiáticos, cuyos hábitos de alimentación generalistas les permiten aumentar/mantener poblaciones estables durante períodos de escasez de recursos, es un ejemplo de lo anterior.
- Estudios en reptiles invasores indican que la eficiencia en el consumo de presas se relaciona con su abundancia/impacto. No obstante, un estudio sobre aves señala que el establecimiento en nuevas áreas no se relaciona con la amplitud de su dieta, lo que apunta a diferencias entre grupos taxonómicos, pero también a la dificultad de definir reglas generales sobre el proceso de invasión.



Extensión del área de distribución original

- Se sugiere que existe una relación entre el tamaño del área de distribución original de la especie y la probabilidad de que ésta se establezca o invada un nuevo ambiente. En general se observa que, cuando el resto de las variables (e.g., características biológicas, presión de propágulo) son similares entre dos especies, aquella cuyo rango de distribución es más amplio tiene una mayor probabilidad de que su introducción en un nuevo sitio sea exitosa.
- Un área de distribución más amplia implica que la especie puede tener una tolerancia más amplia a factores ambientales y/o ser capaz de utilizar una mayor variedad de recursos, y por lo tanto tiene una probabilidad mayor de encontrar una nueva localidad con un ambiente abiótico que le permita establecerse.
- A este argumento se suman el hecho de que especies con áreas de distribución más grandes tienden a introducirse más frecuentemente y en mayores números debido a que son obtenidos con mayor facilidad para dicho fin. Lo anterior, indica que el efecto del tamaño del área de distribución original puede ser producto del esfuerzo de introducción y la tolerancia abiótica de la especie.

Otras características biológicas

- Otras variables y características ayudan a explicar por qué algunas especies son invasores más exitosos, por ejemplo: la reproducción partenogenética en la serpiente minadora ha facilitado su colonización y establecimiento.; la rana toro ha desarrollado mecanismos que permiten a un número mayor de renacuajos llegar a adultos, e.g., sabores menos apetitosos y poca actividad, reduciendo así las probabilidades de que sean devorados.; la capacidad de algunas aves de parasitar nidos de otras especies le ha conferido a aves invasoras una ventaja reproductiva sobre las especies de aves nativas, en detrimento de estas ultimas.



Similitud climática y ambiental

- En general, el éxito en la introducción de una especie se incrementa si ésta es introducida en localidades de latitud similar y/o dentro de la misma región biogeográfica, en donde la especie puede encontrar condiciones ambientales que corresponden a las de su sitio de origen en términos de sus características climáticas y tipos de hábitat.
- Por ejemplo, se ha observado que en términos generales las aves tienden a establecerse con más facilidad y comportarse como especies invasoras si éstas han invadido ecosistemas con temperaturas y hábitats similares a las de su área de distribución natural. Con base en este principio se han realizado predicciones sobre las áreas con mayor potencial a ser invadidas con un significativo grado de precisión.
- También se ha observado que gradientes ambientales pueden ejercer presiones variables sobre las especies invasoras y por consiguiente pueden derivar en la diversificación de éstas dentro de las áreas invadidas. Ejemplos de esta diversificación son evidentes en el gorrión casero, en el que a poco más de un siglo de su introducción en Norteamérica, desde Inglaterra y Alemania, existen evidencias de divergencia adaptativa bajo diferentes condiciones climáticas.

Perturbación del área

- Se ha propuesto que ambientes más perturbados, tales como campos agrícolas, zonas urbanas o ecosistemas seminaturales (caracterizados por la alteración del suelo, la cobertura vegetal, y la diversidad de especies) son más fácilmente invadidos. En México, ejemplos claros de esta situación están documentados para numerosas especies de aves, como el estornino o la garza ganadera, los geckos (*Hemidactylus* spp.) y mamíferos comensales, tales como ratas y ratones.
- Estudios con aves y mamíferos añaden, que además del nivel de perturbación, comunidades con una mayor disponibilidad de recursos proveen mejores condiciones para el establecimiento y son capaces de sostener la proliferación de especies invasoras.
- Con relación específica al impacto potencial de especies invasoras, existen ejemplos que indican que los efectos negativos sobre las especies nativas se ven acentuados en áreas perturbadas. Por ejemplo, los niveles de depredación de nidos de especies parasitadas por *Molothrus ater* son más elevados en las zonas de borde que en el interior de zonas boscosas. De forma similar, mamíferos invasores como los gatos ferales, ejercen una mayor presión de depredación sobre lagartijas nativas en zonas de pastos inducidos, en comparación con pastizales naturales.

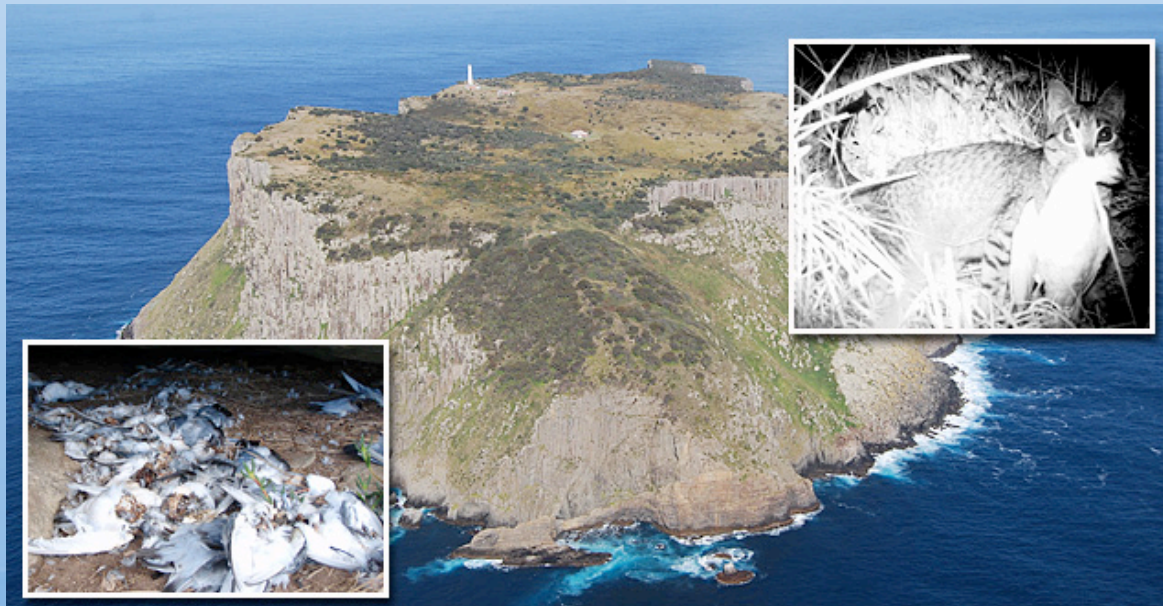
Complejidad y riqueza de las áreas invadidas

- La hipótesis de “resistencia biótica” señala que la riqueza y la diversidad de las comunidades juegan un papel importante en el potencial de un área a ser invadida. Es decir, comunidades pobres, en términos de números de especies, tales como las islas o ambientes perturbados por el hombre, son más susceptibles a la invasión que comunidades ricas en especies.
- No obstante, un estudio global sobre el éxito en el establecimiento de aves invasoras, encontró que áreas con alta riqueza, como Centro y Sudamérica y la región Afrotropical, calificaron entre las áreas con más facilidad de ser invadidas. Los autores sugieren que la percepción de que regiones pobres en número de especies (altas altitudes y zonas templadas) son más fáciles de invadir puede estar relacionada con un número mayor de introducciones en dichas localidades.



Invasión de áreas aisladas o vulnerables

- Las islas, al igual que otros tipos de ecosistemas aislados, como cuevas calcáreas y lagos de cráteres, tienen una historia evolutiva que se ha desarrollado, en gran parte, in situ y separada de ecosistemas continentales o más extensos. De tal modo, adaptaciones como la pérdida de la capacidad de vuelo y la falta de reacción de huir en aves insulares, son características seleccionadas positivamente en la ausencia de depredadores, lo cual las convierte en especies vulnerables a la introducción de nuevas especies depredadoras o competidoras en el ecosistema.



Otros elementos importantes

- Además de los factores antes, descritos existen otras variables que se consideran importantes para explicar el éxito en el establecimiento e invasión de las especies exóticas:
 - Tamaño de la población inicial y frecuencia de introducción
 - Papel de la especie en el ecosistema
 - Presencia de otras especies exóticas invasoras
 - Historia de introducción y problemas en otras regiones

Tamaño de la población inicial y frecuencia de introducción

- Un factor importante en el proceso de invasión es el denominado “**presión del propágulo**”, que está determinado por dos elementos:
 - **Tamaño del propágulo:** Número de individuos o propágulos (e.g., huevos en el caso de reptiles) que son liberados – en el caso de introducciones intencionales – o que alcanzan un nuevo ambiente fuera de su área de distribución original.
 - **Frecuencia de introducción:** Número de intentos que de forma intencional se liberan individuos. Por ejemplo, el estornino logró establecerse sólo tras varios eventos de liberación y hoy se extiende prácticamente a lo largo de todo Norteamérica.
- Un meta-análisis demostró que la presión de propágulo es la variable que más frecuentemente y con mayores niveles de significancia se correlaciona positivamente con el éxito de invasión. El estudio señala que esta variable es adecuada para predecir el potencial invasor de las especies (*invasiveness*) y de la probabilidad de que un área sea invadida (*invasibility*).
- De la mano de esta variable está el período de tiempo dentro del cual se producen las liberaciones o arribadas de los individuos fundadores.

Papel de la especie en el ecosistema

- Otra característica que influye sobre la vulnerabilidad de los ecosistemas a la invasión es la existencia de recursos sin utilizar o nichos ecológicos vacíos. De este modo, comunidades que contienen recursos que no están siendo utilizados de manera natural tenderán a ser invadidas por nuevas especies. Por ejemplo, la ausencia de mamíferos carnívoros nativos en algunas islas las pueden hacer más vulnerables a la invasión por especies como los gatos domésticos.
- Por otro lado, la modificación de la estructura trófica, por ejemplo, la adición de un herbívoro exótico a un área en donde previamente no existían herbívoros nativos (como algunas islas oceánicas), adicionando un nivel a la cadena trófica, puede alterar de forma significativa la cantidad de energía y la forma en que circulan los nutrientes en el sistema.
- Ligado a lo anterior se ha propuesto que una especie exótica puede tener mayores impactos sobre el ecosistema invadido cuando ésta desempeña una función novedosa, tal como un mamífero depredador en una isla carente de depredadores.

Presencia de otras especies exóticas invasoras

- El concepto de “**resistencia biótica**” descrito antes, se ha extendido para incluir el papel que especies exóticas establecidas juegan en el proceso de resistencia biótica de la comunidad invadida. Por ejemplo, en el caso de aves introducidas en Hawái, se argumenta que especies nuevas tienen una probabilidad mayor de extinguirse por competencia con especies introducidas en etapas anteriores.
- En oposición, se propone un modelo denominado “**fusión invasiva**” (*invasional meltdown*), en el que especies exóticas facilitan la invasión de otras especies al incrementar su probabilidad de sobrevivencia. A raíz de estas interacciones, en ocasiones los efectos ecológicos de las especies introducidas pueden sinergizar, resultando en un impacto mayor sobre la biodiversidad que el que se esperaría de la simple suma de los efectos de cada una de las especies de forma individual.
- Las especies exóticas pueden favorecer el establecimiento de nuevas a través de: la eliminación de competidores potenciales, la creación de condiciones adecuadas para su propagación, la polinización, el transporte directo (dispersión) de propágulos, el incremento de la probabilidad de germinación de algunas semillas y la alteración del suelo, entre otras.

Presencia de otras especies exóticas invasoras (cont.)

- Ejemplos en vertebrados invasores, incluyen dos fenómenos bien documentados:
 - **Hiper-depredación:** Se presenta cuando poblaciones abundantes de especies exóticas como conejos y ratas permiten el crecimiento de poblaciones de depredadores invasores como los gatos. Al crecer las poblaciones de estos últimos, su impacto sobre otras especies nativas de aves, reptiles o invertebrados de las que también se alimentan puede ser mayor, especialmente durante períodos de baja densidad de las presas exóticas. Las especies de presas exóticas presentan características poblacionales y conductuales que les permiten soportar altos niveles de depredación por lo que sus poblaciones siguen siendo viables, mientras las poblaciones de las presas nativas disminuyen significativamente.
 - **Efecto liberador de meso-depredadores:** Este fenómeno puede presentarse cuando coexisten en una misma área dos depredadores exóticos, como gatos (súper-depredador) y ratas (meso-depredador). Los gatos pueden constituir el principal depredador de ratas y mantener bajo cierto control sus poblaciones. Por otra parte, las ratas son depredadores de especies nativas como aves (adultos de talla pequeña, huevos, polluelos) e invertebrados, entre otros. La supresión de las poblaciones del súper-depredador (por control o erradicación), puede derivar en una explosión poblacional del meso-depredador y de esta forma acelerar el impacto de las presas por depredación.

Historia de introducción y problemas en otras regiones

- La experiencia previa de problemas para controlar a determinada especie introducida debe ser considerada como un factor de gran relevancia para la evaluación del potencial de control de la misma. El significado de estas experiencias puede verse reflejado en los costos y esfuerzos necesarios para controlar o erradicar determinada población de una especie introducida.
- El desarrollo de resistencia a ciertos venenos (raticidas) por parte de algunas poblaciones o especies de roedores introducidos es un ejemplo de este tipo de experiencias.
- Otro ejemplo son los problemas de control que han tenido algunos países para erradicar algunas especies en particular (e.g., conejos en Australia) o el registro de conductas evasivas que se han presentado en algunas especies como resultado de las primeras etapas de los programas de control. Algunas especies, como las ratas, los conejos, el coipo y la ardilla gris han sido consideradas como plagas difíciles de controlar en muchas regiones.

Conclusión

- El éxito en el establecimiento de las especies exóticas en un nuevo ambiente, con sus consecuentes impactos, dependerá de múltiples factores, tales como: la similitud con el ambiente original de la especie exótica (temperatura, precipitación, variaciones estacionales), el tamaño de la población inicial y su frecuencia de introducción (presión de propágulo), la presencia de depredadores, parásitos, enfermedades, presas/recursos alimenticios y/o competidores potenciales, las características biológicas intrínsecas a la especie, el tipo y complejidad del ecosistema invadido, el tamaño del área en que han sido introducidas (especialmente en el caso de islas), el grado de conservación o perturbación del ambiente, el estado de sucesión del ecosistema y la presencia previa de otras especies exóticas, además de otros factores ambientales no predecibles. Por lo anterior, toda introducción debe por principio evitarse o considerada con prudencia.